

● Zwischenfruchtmischungen – Saat ohne Ernte?

Regionale Versuchsergebnisse für den Zeitraum von 2014 bis 2020 zu Auswirkungen von Zwischenfrüchten in einer Fruchtfolgeeinheit

Bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts war auch in Baden die Viehhaltung im Stall auf Basis des Feldfutterbaus mit Klee gras, d.h. ohne Weidehaltung, vorherrschend. Durch die ‚Artenvielfalt‘ mit Leguminosen, Heublumeneinsaat und dem anfallenden Stallmist konnte die Ertragsfähigkeit der Ackerböden gegenüber der bis ins 19. Jahrhundert praktizierten Dreifelderwirtschaft nachhaltig verbessert werden. Mit zunehmendem Einsatz synthetischer Produktionsmittel kann heute allerdings auch ohne Viehhaltung und mit weniger ‚Artenvielfalt‘ ausreichend Nahrung produziert werden.

Seit 2015 gilt in der EU das Greening als agrarpolitisches Instrument, welches wieder zu mehr Artenvielfalt und Biodiversität und somit auch zur Sicherung oder Steigerung der Bodenfruchtbarkeit führen soll. Die Auflagen zu mehr Artenvielfalt können z.B. mit Hilfe von Zwischenfruchtmischungen erbracht werden, ohne bestehende, wirtschaftlich optimierte Fruchtfolgen zu verdrängen.

Fragestellung / Ziel

Mit der Agrarwende wurde 2014 im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald eine ‚Arbeitsgruppe Zwischenfrüchte‘ ins Leben gerufen, in der Landwirte, der BLHV, der regionale Wasserversorger badenova und das Landratsamt vertreten sind. In Feldversuchen soll geklärt werden, welche Zwischenfruchtmischungen in unserer Region erfolgreich etabliert werden können, wie effektiv diese Mischungen Nitrat fixieren und wie deren Anbau unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu beurteilen ist. Weiterhin werden ökologische Vorteile, wie z.B. die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, die Verringerung der Erosionsgefahr, eine Unkrautunterdrückung sowie die Artendiversifizierung betrachtet.

Versuchsbeschreibung

Bei der Auswahl der Zwischenfruchtmischungen ging es bei Versuchsbeginn 2014 darum, Mischungen mit mehr als 5 Mischungspartnern und unterschiedlichen Leguminosenanteilen (s. Abbildung 1), mit und ohne winterharte Arten, sowie eine Mischung ohne Leguminosen dem Senf gegenüberzustellen. Ab 2015 kam noch eine Variante mit 2 Kreuzblütlerarten (Senf u. Ölrettich) als Minimalversion für die Ökologische Vorrangfläche dazu. Die Versuche wurden mit betriebsüblicher Technik in Streifen in einer Fruchtfolge ‚Winterweizen-Körnermais-Körnermais‘ bei betriebsüblicher Bodenbearbeitung angelegt, die Zwischenfrüchte wurden entweder mit dem Grubber mit Lehnerstreuer (Senf) oder der Drillmaschine (Mischungen) gesät und Ende März/ Anfang April mittels Grubber oder Scheibenegge vor der Maisaussaat eingearbeitet. (s. Abbildungen 2 u. 3).

Von den insgesamt 10 Versuchsstandorten unterschiedlicher Standort- und Bodengüte können derzeit an 3 Orten (Nr. 21, 22, 23 und Schaufeld) die Zwischenfrüchte im Zustand der Winterruhe besichtigt werden.



Abbildung 1: Gut etablierte Zwischenfruchtmischung (Foto: Gabi Larbig)

Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Nitrat-Dynamik

In der Tabelle 1 sind die wichtigsten Ergebnisse der 6 Versuchsvarianten dargestellt. Sie zeigt, dass

- der wirtschaftliche Vorteil für Mais in der Fruchtfolgeeinheit (Winterweizen mit Zwischenfrucht-Mais-Mais) bei den Zwischenfruchtmischungen unterschiedlich sein kann. Auf A-Böden (SchALVO auswaschungsgefährdet, Ackerzahl < 60) ist bei fast allen Mischungen ein mehr oder weniger deutlicher Vorteil errechenbar, resultierend aus einer deutlichen Ertragssteigerung. Besonders die V5 hebt sich mit einer Erlösdifferenz von 478.- € in 2 Jahren Maisanbau gegenüber der Senfvariante deutlich ab, und verzeichnet einen Humuszuwachs pro Jahr von 0,04%. Bei der V2,3,4,6 bringt der rechnerische Vorteil, resultierend aus dem geringeren Aufwand an Stickstoffdüngung und dem höheren Maisertrag, Humusabbau mit sich.

Auf B-Böden (SchALVO weniger auswaschungsgefährdet, Ackerzahl > 60 Bodenpunkte) ist ein deutlich rechnerischer Vorteil mit + 233.- € wiederum bei der V5 gegeben, die V2 und V3 fallen deutlich deutlich hinter die Kontrollvariante mit Senf ab. Hier fallen höhere Ansaat- und Saatgutkosten mit ins Gewicht. B-Böden haben aufgrund natürlicher Gegebenheiten ohne weiteres Zutun eine höhere Ertragserwartung, ein Vorteil durch die Mischungen ist nur auf der V4 und V5 auszumachen, V6 konnte nicht ausgewertet werden.

- der im Boden gemessene Humusgehalt an 2 Standorten von 2014 bis 2018, nach dem Anbau der Zwischenfrüchte um 0,1 bis 0,2 Prozent jährlich angestiegen ist, auch wieder abfällt. Erklärungsversuch: Das Jahr 2014 brachte mit bis zu 70 dt TM /ha sehr viel organischen Kohlenstoff in den Boden nebst einer durch die Artenvielfalt in den Mischungen angeregten hohen biologischen Aktivität. In 2016, einem kalten Frühjahr ergab sich durch geringere Mineralisation eine höhere N-Düngung. Diese Effekte wurden durch die heißen Sommer mit ungewöhnlich hohen Mineralisationsraten relativiert. Im Frühjahr 2020 lag der Unterschied der Messergebnisse zur Düngebedarfsermittlung des Vorsaattermines mit 35 kg N/ha im März/April zum spät Nmin Termin mit 122 kg N/ha im Mai/Juni bei 87 kg N/ha.

Fließt der hohe Nmin Wert in die Düngebedarfsermittlung ein, werden dem Bodensystem dadurch große N-Mengen entzogen.

Für 0,1 % Humusaufbau benötigt man 250 kg N/ha zusätzlich zur Versorgung der Kulturpflanze!

- die Krümelstruktur und der Geruch des Bodens, der Rotteprozess organischer Substanz und die Durchwurzelung mit Feinwurzeln im Oberboden bei den Mischungen deutlich besser sind als bei Senf.
- die Fähigkeit zur Unkrautunterdrückung eher von den Wachstumsbedingungen des jeweiligen Jahres, als von der Mischungszusammensetzung abhängt. Bei Senf waren, mit Ausnahme des Jahres 2014, deutlich weniger Unkräuter, vor allem Leitunkräuter in der Folgekultur Mais, zählbar. Im Jahr 2014 hatten alle Zwischenfrüchte ideale Wachstumsbedingungen mit entsprechender Unkrautunterdrückung. Der Senf unterdrückt die Unkräuter allerdings auch in Jahren mit ungünstigen Wachstumsbedingungen - wie in den trockenen Jahren 2015 und 2016. Vermutlich liegt dies an einer höheren Konzentration von Senfölglycosiden, die auf die Unkräuter wie ein Herbizid wirken können. Sie führten im Jahr 2016 auch in der Folgekultur Mais vorübergehend zu deutlichen Aufhellungen im 4-Blatt-Stadium, die aber keine Ertragsrelevanz zur Folge

hatten. Im Senfbestand selbst waren kaum Leitunkräuter aufgelaufen, obwohl die Entwicklung des Bestandes einen Verdrängungseffekt ausschließt.

Zwischenfruchtmischungen - Ergebnisse ab 2014

(Nmin, ZF-Daten: 4 Orte A-Böden, 6 Orte B-Böden; Ertrag, Düngung: 3 Orte A-Böden, 6 Orte B-Böden)

Varianten	V1		V2		V3		V4		V5		V6	
Erläuterung: 2014, 2015, 2016 Zwischenfrüchte danach 2 Jahre Körnermais als Fruchtfolgeeinheit	Senf (Kontrolle)		Mais Pro		Aqua Pro		TGI Humus		Sola Rigol		Viterra ÖVF minimal	
Gesamtanzahl Mischungspartner (Arten)	1		15		7		6		8		2	
davon winterhart % Samenanteil	0		20		0		0		0		0	
Leguminosen % Samenanteil	0		56		0		67		< bis =50		0	
Süßgräser % Samenanteil	0		11		17		7		Jul 16		0	
Kreuzblütler % Samenanteil	100		11		0		0		0-10		100	
Korbblütler % Samenanteil	0		11		14-37		0		36		0	
sonstige % Samenanteil	0		23		46-70		26		7 bis 14		0	
Saatgutkosten EURO/ha	27		88		68		135		76		105	
Auswaschungsklasse * A/B-Böden	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
N-Düngung ø 2 Maisjahre kg N/ha	170	145	144	134	157	144	140	123	133	120	140	130
Ertrag ø 2 Maisjahre dt/ha (86%TS)	72	136	82	133	82	137	87	142	93	144	80	133
%	100	100	114	98	114	101	121	104	130	106	111	98
Erlösdifferenz für 2 Maisjahre ** EURO/ha	0	0	241	-205	235	-77	361	63	626	186	167	-214
Erlösdifferenz für 2 Maisjahre *** EURO/ha	0	0	288	-279	362	-199	421	82	478	233	173	
Rest Nmin Zwischenfrüchte SchALVO kg N/ha 0-90 cm	12		16		12		14		12		16	
Rest Nmin nach Mais SchALVO kg N/ha 0-90 cm	33		41		31		36		36		41	
Humuszu- bzw. -abnahme (5 Orte) % pro Jahr	- 0,05		+ 0,03		- 0,01		- 0,02		+ 0,04		- 0,06	

* A-Böden = auswaschungsgefährdete Böden, B-Böden = weniger auswaschungsgefährdete Böden nach SchALVO

** Auswertung Flächen mit Erträgen des 1. oder 2. Maisjahres (A-Boden n=3, B-Boden n=6)

*** Auswertung von Flächen mit Erträgen des 1. und 2. Maisjahres (A-Boden n=1, B-Boden n=3)

Bei Erlösdifferenz berücksichtigt: Saatgutkosten, Aussaatkosten ohne Arbeitszeit, Düngeraufwand (1 €/kg N), Maisertrag (16€/dt)

Tabelle 1: Die wichtigsten Ergebnisse mit Zwischenfrüchten in einer Fruchtfolgeeinheit (Winterweizen-Zwischenfrucht-Körnermais-Körnermais). Dabei ist zu beachten, dass sich die Zusammensetzung der Mischung 5 in Laufe des Versuches geändert hat.

Nitrat-Dynamik

Vor allem bei Zwischenfruchtmischungen mit Leguminosen wird häufig diskutiert, dass die Stickstoffdynamik, d.h. der verfügbare Nitratgehalt im Boden zum Zeitpunkt der Düngung, nach der Ernte sowie zum Termin der SchALVO-Herbstaktion (Mitte Oktober bis Mitte November), schwer kalkulierbar ist. Bei den untersuchten Standorten gab es folgende Erkenntnisse (vergleiche Abbildungen 2, 3 und 4):

- Der Nitratgehalt im Boden zum Zeitpunkt der Maisdüngung ist im Mittel der Jahre 2015 bis 2017 bei den leguminosenhaltigen Mischungen um etwa 20 kg Nitrat je Hektar, bei den Mischungen ohne Leguminosen um etwa 10 kg Nitrat je Hektar, höher als bei Senf. Entsprechend niedriger war der Stickstoffdüngerbedarf bei Mais. Die Werte schwanken jedoch sehr stark, je nach Mineralisierungsrate der einzelnen Jahre.
- Um die jahresabhängige Stickstoffmineralisierung nach einer Zwischenfruchtmischung im Frühjahr zur Maisdüngung zu kennen, empfiehlt sich, auf repräsentativen Schlägen des Betriebes eine N_{\min} -Probe zur Maisdüngung zu ziehen. Wird das Probeergebnis in der Düngebedarfsermittlung entsprechend berücksichtigt, besteht kaum ein Risiko überhöhter Bodennitratwerte nach der Ernte.
- Die N_{\min} -Werte, gemessen in KW 42, 44 und 46, also im Zeitfenster der SchALVO-Herbstaktion, lagen im Anbaujahr der Zwischenfrüchte mit 12 bis 16 kg N/ha auf niedrigem Niveau ohne nennenswerte Unterschiede zwischen den einzelnen Zwischenfrucht-Varianten. Im 1. und 2. Nachbaujahr zu Mais lagen die N_{\min} -Werte bei 33 kg N/ha für Mais nach Senf, bei 31 kg N/ha für Mais nach der Mischung ohne Leguminosen (Mischung 3) und bei 41, 36 u. 36 kg N/ha für Mais nach den Mischungen mit Leguminosen (Mischung 2, 4 u. 5).
- Der SchALVO Überwachungswert konnte eingehalten werden.
- Auf A-Böden aufgrund der stärkeren Erwärmung die Mineralisation nach der Getreideernte deutlich höher liegt als bei B-Böden, diese aber ertragsbildend fixiert werden kann (Abb 4).

Verlauf Bodennitrat Kirchhofen I 2014/15

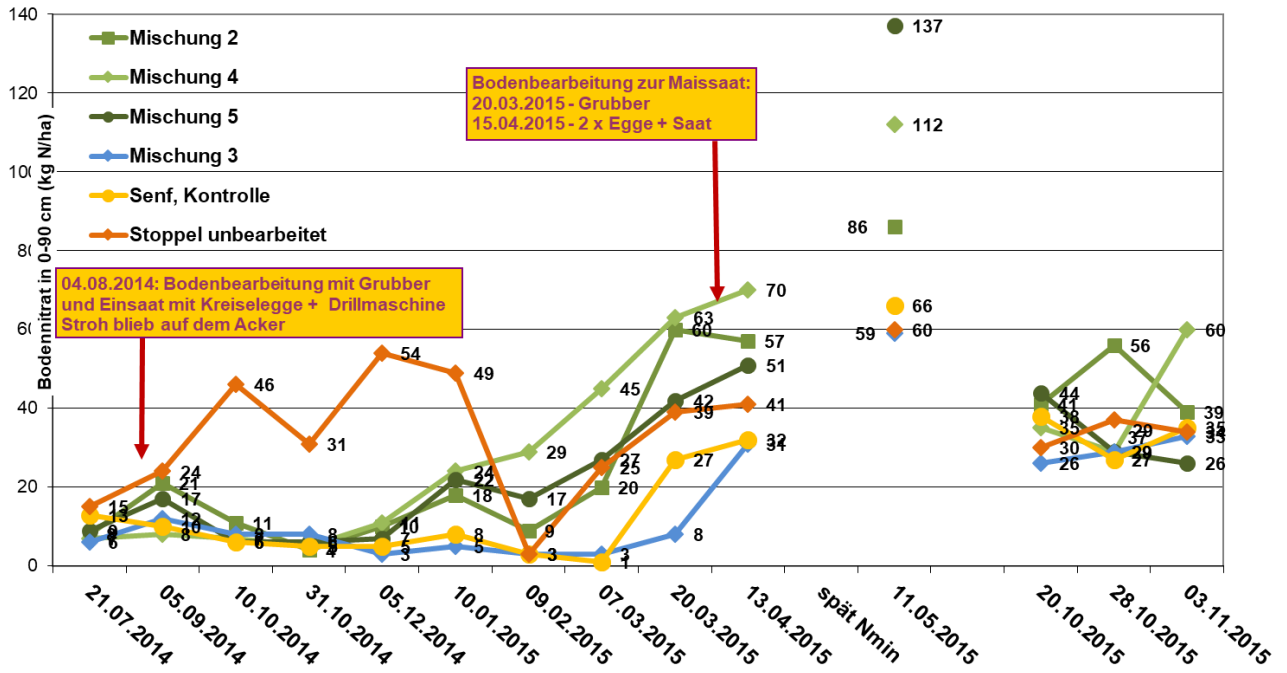


Abbildung 2: Das Frühjahr 2015 brachte hohe Mineralisationsraten mit einer Staffelung entsprechend dem Leguminosenanteil und der winterharten Komponenten. Die N_{min} -Werte am 11.05. waren Grundlage für die Düngebedarfsermittlung. Die Düngung zu Mais nach Mischungen mit Leguminosen ohne winterharte Komponenten (Mischung 4 u. 5) wurde mit 60 kg N/ha in diesem Jahr sehr niedrig bemessen. Die Mischung mit Leguminosen und winterharten Komponenten (Mischung 2) mineralisierte verhaltener und wurde mit 100 kg N/ha gedüngt. Die restlichen Varianten erhielten eine Gabe von 150 kg N/ha (Senf), bzw. 160 Kg N/ha (Mischung 3, Stoppel). Der Zielertrag von 130 dt/ha wurde bei allen Varianten übertroffen.

Verlauf Bodennitrat Kirchhofen II 2015/16

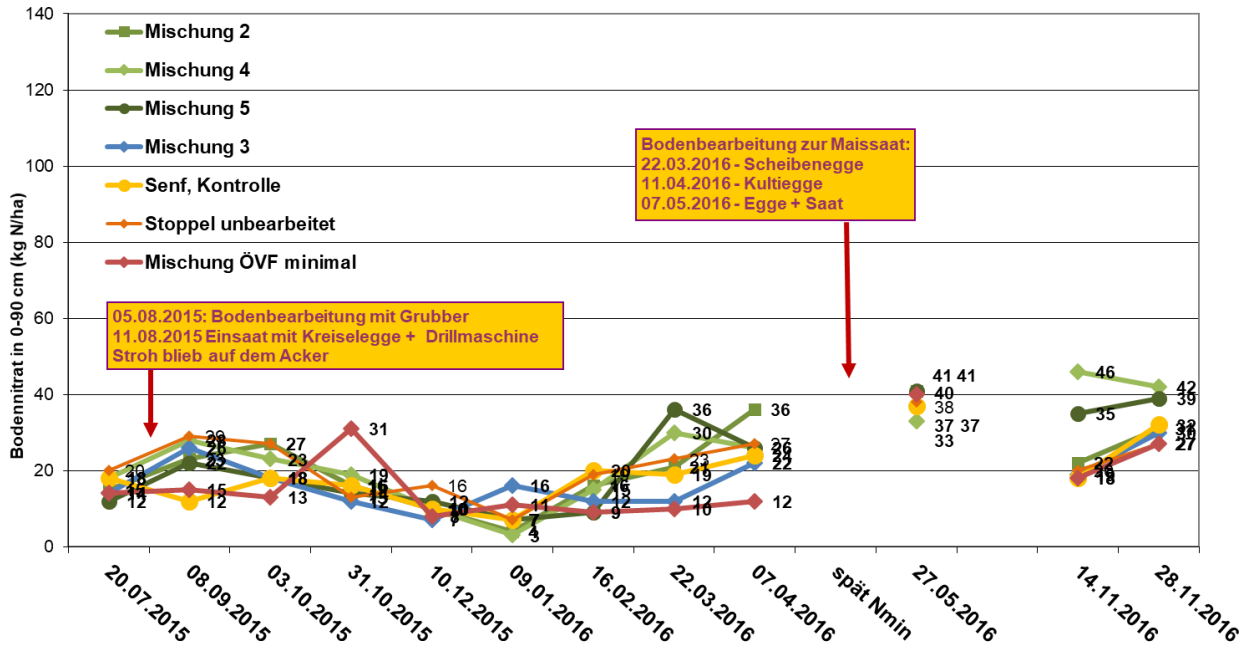


Abbildung 3: Der Standort zeigt, trotz ähnlicher Bodenverhältnisse wie im Vorjahr, eine völlig andere Nitrat-Dynamik (vergleiche Abbildung 2). Diese lässt sich erklären durch ein anhaltend kaltes Frühjahr, geringere Trockenmasse- u. N-Gehalte des Zwischenfrucht-Aufwuchses sowie eine geringe Mineralisationsrate zum Zeitpunkt der spät N_{min}. Daraus folgten nur geringe Unterschiede zwischen den Nitratgehalten der einzelnen Varianten, was durchgängig deutlich höhere Düngegaben (180 kg N/ha) als im Vorjahr zur Folge hatte.

Verlauf Bodennitrat über alle Zwischenfruchtstandorte von 2014 bis 2020

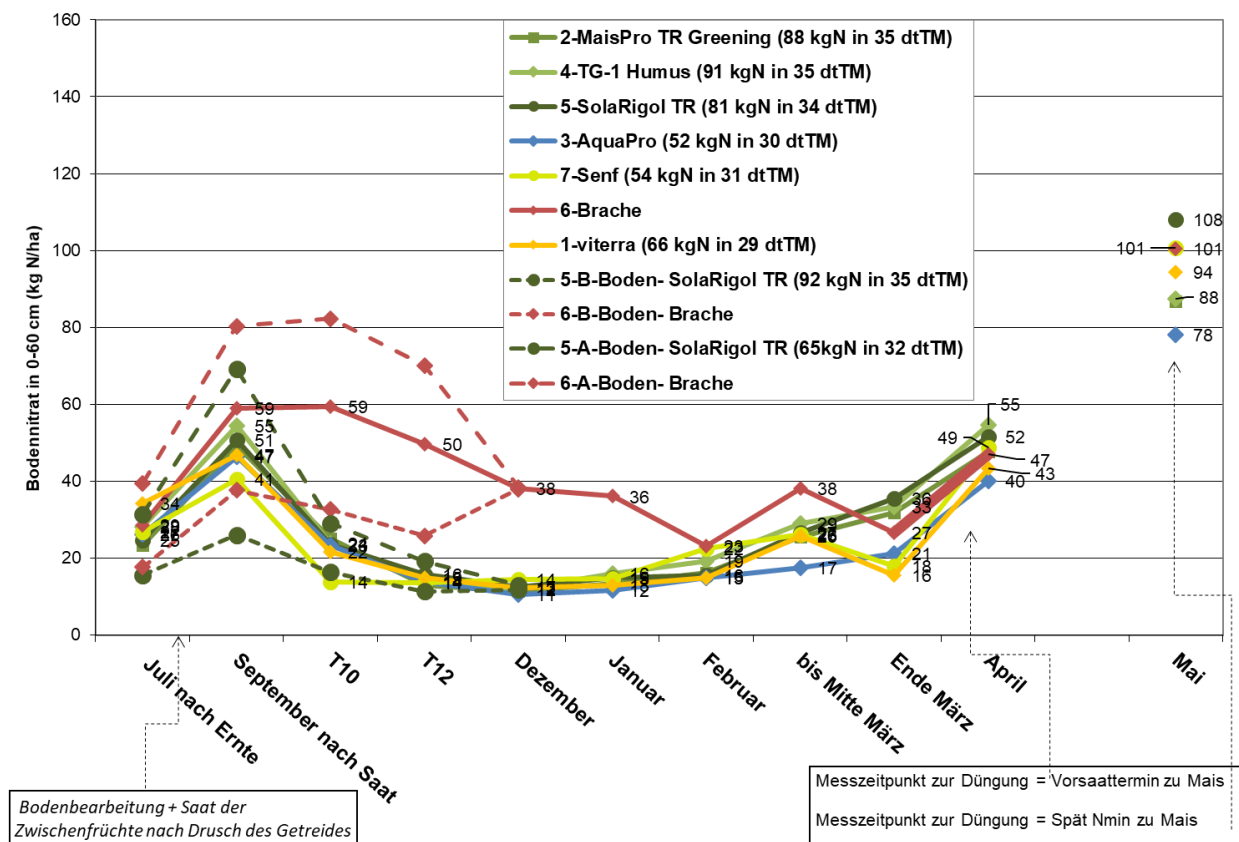


Abbildung 4: in dieser mehrjährigen Auswertung weisen bei den leguminosenhaltigen Mischungen die höheren N_{min} -Werte im September bereits auf eine Wirkung der Knöllchenbakterien hin, obwohl die Bestände aufgrund der trockenen Jahre meist noch nicht sehr weit entwickelt waren. Der Nitratstickstoff kann aber ertragsbildend gebunden werden und die N_{min} -Ganglinie verläuft ruhig ins nächste Frühjahr. Frostereignisse im Januar/Februar führen zu einem leichten Anstieg der Nitratwerte im Februar/März.

Zur Vorsaatdüngung und beim spät N_{min} -Termin zu Mais (12 Standorte über 5 Jahre gemittelt) relativieren sich die in Abbildung 2 aufgezeigten N_{min} -Werte, die auf die Düngedarfsermittlung angerechnet werden müssen.

Ein deutlicher Hinweis, dass repräsentative Messungen für den eigenen Betrieb wichtig sind.

Fazit / Zusammenfassung

Nach sechs Jahren Zwischenfruchtanbau (2014 bis 2020) mit nachfolgender Fruchtfolgerotation (Getreide mit Zwischenfrucht-Mais-Mais) im Großraum Freiburg, liegen regionale Erkenntnisse zu Zwischenfruchtmischungen vor. Daraus lässt sich ableiten, dass eine hohe Artenvielfalt bei Zwischenfrüchten allein keine Garantie für ökologische und ökonomische Vorteile ist, sondern positive Effekte stark von der Jahreswitterung, den Standortbedingungen und dem Anbauverfahren abhängig sind.

Deswegen werden seit 2017 die an den jeweiligen Standorten bewährten Mischungen im Vergleich mit Senf als Streifenversuche mit Wiederholungen weitergeführt, um belastbare Daten zu den langjährigen Auswirkungen von Zwischenfruchtmischungen auf

- die Wirtschaftlichkeit einer Fruchtfolge,
- die Nitratdynamik im Boden,
- Unkrautverhalten
- die Bodenfruchtbarkeit (Humusgehalte, Spatendiagnose)

zu gewinnen. Es soll auch in den Blick genommen werden, unter welchen Voraussetzungen der durch Zwischenfruchtmischungen, vor allem mit Leguminosen, gewonnene Stickstoff in Ertrag oder Humusaufbau ‚investiert‘ wird.

Auswertungen zu Auswirkungen der Zwischenfruchtmischungen im Vergleich mit Senf über 2 Fruchtfolgeeinheiten hinweg (2014 bis 2020 an 3 Standorte mit B-Böden und 1 Standort mit A-Boden, jeweils mit 3 Wiederholungen)

Zwischenfruchtvarianten (Mittelwert 4 Standorte mit 3 Wiederholungen)

Varianten mit 3 Wiederholungen		V1		V2		V3		V4		V5		V6	
Erläuterung: ab 2014 Zwischenfrüchte mit folgenden Erntejahren bis 2020		Senf (Kontrolle)		Mais Pro		Aqua Pro		TGI Humus		Sola Rigol		Stoppel	
Gesamtanzahl Mischungspartner (Arten)		1		15		7		6		8		2	
davon winterhart	% Samenanteil	0		20		0		0		0		0	
Leguminosen	% Samenanteil	0		56		0		67		< bis =50		0	
Süßgräser	% Samenanteil	0		11		17		7		Jul 16		0	
Kreuzblütler	% Samenanteil	100		11		0		0		0-10		100	
Korbblütler	% Samenanteil	0		11		14-37		0		36		0	
sonstige	% Samenanteil	0		23		46-70		26		7 bis 14		0	
Saatgutkosten	EURO/ha	27		88		68		135		76		105	
Auswaschungsklasse **	A/B-Böden	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
N-Düngung ø 2 Maisjahre	kg N/ha	150	154		137					136		147	150
Ertrag ø 2 Maisjahre	dt/ha (86%TS)	81	140		145					87		89	147
	%	100	100		104					107		110	107
Erlösdifferenz für 2 Erntejahre *	EURO/ha	0	0		37					62		358	261
Rest Nmin Zwischenfrüchte SchALVO	kg N/ha 0-90 cm	11	14		15					12		89	52
Rest Nmin nach Mais SchALVO	kg N/ha 0-90 cm	120	47		55					113		130	44
Humuszu- bzw. -abnahme (5 Orte)	% pro Jahr	+0	-0,05		-0,03					+0,005		+0	-0,04

* berücksichtigt: Saatgutkosten, Aussaatkosten ohne Arbeitszeit , Düngeraufwand (1 €/kg N), Maisertrag (16 €/dt)

** A-Böden = auswaschungsgefährdete Böden (n=1), B-Böden = weniger auswaschungsgefährdete Böden nach SchALVO (n=3)

Die V2 „Mais Pro“ und die Stoppel wurden auf drei Standorten mit B-Böden mit der Kontrollvariante Senf verglichen.

Die V5 „Sola Rigol“ und die Stoppel wurde auf einem Standort mit A-Boden mit der Kontrollvariante Senf verglichen.

Nmin nach Maisernte

Jahre mit höheren Temperaturen führen zu einer höheren Mineralisation insbesondere auf A-Böden

Ökonomische Bewertung

Der in der ersten Fruchtfolgeeinheit (Getreide mit Zwischenfrucht-Mais-Mais) errechnete Nachteil für die Mischung der V2 auf einem B-Boden hat sich eingependelt auf einen leichten

Vorteil im Vergleich zur Kontrolle Senf. Die drei B-Böden haben die Vorteile dieser Mischung für sich nutzen können, was in der ersten Fruchtfolgeeinheit zu einem Humusanstieg von 0,03 % pro Jahr, aber zu negativen Betriebsergebnis zur Kontrolle Senf geführt hat.

Diskussion

Nachdem der Boden mit den gebotenen Hilfsstoffen einer Mischung gesättigt war, lässt sich eine weitere Steigerung des Humusgehaltes nicht erzielen. Durch die heißen Jahre kam es vermehrt wieder zu Humusabbau, der sich zusammen mit einem weiteren Anbaujahr der Mischung auf die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse (hohe Mineralisation und weniger Düngung) niederschlug, so dass nach der zweiten Fruchtfolgeeinheit ein positives Betriebsergebnis im Vergleich zur Kontrolle Senf für die V2 zu verzeichnen war.

Auf dem A-Boden war es trotz der Wetterlage möglich, den Humusgehalt zu halten, sogar minimal zu steigern. Allerdings zeigt sich auch hier, dass eine Steigerung der messbaren positiven Effekte der Zwischenfruchtmischung begrenzt ist. Hier hat sich der betriebswirtschaftliche Vorteil deutlich relativiert.

Unkrautdruck

Die in 2015 bis 2017 aufgezeigte Tendenz konnte für die Folgejahre auf Flächen mit Wiederholungen nicht bestätigt werden. Der deutliche Vorteil der Senfvarianten auf den Unkrautdruck, wie in der ersten Fruchtfolgeeinheit beschrieben, konnte sich auf den Wiederholungen nicht mehr zeigen. Bei den Leitunkräutern kam es zu einer Verschiebung und die geprüfte Mischung V2 „Mais Pro“ hatte einen leichten Vorteil gegenüber dem Senf, mit ca. 20% weniger Leitunkräutern. Standortbedingungen und Jahreseffekte beeinflussen den Unkrautdruck ebenso maßgeblich wie Effekte der Begrünungen.